

## **Características Agronômicas de Indutores de Haploidia Adaptados ao Ambiente Tropical**



ISSN 1679-0154  
Dezembro, 2017

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 161**

## **Características Agronômicas de Indutores de Haploidia Adaptados ao Ambiente Tropical**

Roberto dos Santos Trindade  
Lauro José Moreira Guimarães  
Déa Alécia Martins Netto  
Isabel Regina Prazeres de Souza  
Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães  
Ana Carolina Aparecida da Silva  
Silvimar Alves Guimarães  
Bruna Lopes Mariz

Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG  
2017

**Esta publicação está disponível no endereço:**  
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

### **Embrapa Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3027-1100  
Fax: (31) 3027-1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco](http://www.embrapa.br/fale-conosco)

### **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni  
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau  
Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Roberto dos Santos Trindade, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros  
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro  
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa  
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa  
Foto(s) da capa: Roberto dos Santos Trindade

### **1ª edição**

**Formato digital (2017)**

#### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Milho e Sorgo**

---

Características agronômicas de indutores de haploidia adaptados ao ambiente tropical / Roberto dos Santos Trindade ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2017.  
36 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 161).

1. Melhoramento vegetal. 2. Variação genética. 3. Genoma. I. Trindade, Roberto dos Santos. II. Guimarães, Lauro José Moreira. III. Netto, Déa Alécia Martins. IV. Souza, Isabel Regina Prazeres de. V. Guimarães, Paulo Evaristo de Oliveira. VI. Silva, Ana Carolina Aparecida da. VII. Guimarães, Silvimar Alves. VIII. Mariz, Bruna Lopes. IX. Série.

---

CDD 631.52 (21. ed.)

© Embrapa 2017

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	4
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Introdução</b> .....	7
<b>Material e Métodos</b> .....	11
Qualidade Fisiológica e Potencial Germinativo de Sementes em Indutores de Haploidia .....	11
Características Agronômicas de Indutores de Haploidia Androgenéticos e Gimnogenéticos Adaptados ao Ambiente Tropical .....	15
<b>Resultados e Discussão</b> .....	20
Qualidade Fisiológica e Potencial Germinativo de Sementes em Indutores de Haploidia .....	20
Características Agronômicas de Indutores de Haploidia Androgenéticos e Gimnogenéticos Adaptados ao Ambiente Tropical .....	26
<b>Conclusões</b> .....	32
<b>Agradecimentos</b> .....	33
<b>Referências</b> .....	33

# Características Agronômicas de Indutores de Haploidia Adaptados ao Ambiente Tropical

*Roberto dos Santos Trindade<sup>1</sup>*

*Lauro José Moreira Guimarães<sup>2</sup>*

*Déa Alécia Martins Netto<sup>3</sup>*

*Isabel Regina Prazeres de Souza<sup>4</sup>*

*Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães<sup>5</sup>*

*Ana Carolina Aparecida da Silva<sup>6</sup>*

*Silvimar Alves Guimarães<sup>7</sup>*

*Bruna Lopes Mariz<sup>8</sup>*

## Resumo

A metodologia de linhagens duplo-haploides permite obtenção de linhagens em até três gerações, via cruzamento de plantas de milho com indutores de haploidia, e posterior seleção com base na presença ou ausência de coloração púrpura no embrião, caráter expressado pelo gene R1-navajo. A maioria dos indutores de haploidia em milho é de origem temperada, tendo desempenho inferior em condições tropicais, o que tem incentivado programas de melhoramento a adaptar indutores de haploidia via retrocruzamento com genótipos tropicais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial germinativo e caracterizar indutores de haploidia tropicalizados com base

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup>-Agrôn., Dr. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, roberto.trindade@embrapa.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup>-Agrôn., Dr. em Genética e Melhoramento, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, lauro.guimaraes@embrapa.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup>-Florestal, Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, dea.alecia@embrapa.br

<sup>4</sup>Eng<sup>o</sup>-Agrôn., Phd. em Genética Molecular, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, isabel.prazeres@embrapa.br

<sup>5</sup>Eng<sup>o</sup>-Agrôn., Ph.D. em Melhoramento Vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, paulo.guimaraes@embrapa.br

<sup>6</sup>Eng<sup>o</sup>-Agrôn., Bacharel em Biossistemas, Estagiária da Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, anacg@gmail.com

<sup>7</sup>Estudante de agronomia da Universidade Federal de São João Del Rei, Bolsista CNPq na Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas - MG, silvimar030814@gmail.com

<sup>8</sup>Bacharel em Biossistemas e Estudante de agronomia da Universidade Federal de São João Del Rei, Bolsista FAPEMIG na Embrapa Milho e Sorgo, Rod MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, brunamariz@live.com

em atributos agronômicos. Para tanto, dois experimentos foram implantados na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, entre novembro de 2014 e setembro de 2015. O potencial germinativo foi avaliado com base no total de plantas germinadas, total de plântulas anormais ou mortas, comprimento de parte aérea e raiz, e massa fresca e seca de plântulas. Em outro experimento, os indutores foram comparados com base em 30 características morfoagronômicas demandadas pelo Ministério da Agricultura para testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade em milho comum. Foram avaliados os indutores Stock 6, W23, Tail P1, Tail P2, Tail P1 x Tail P2; 90109igig, 91202igig e 91207 igig. Observaram-se diferenças significativas entre genótipos para características ligadas à qualidade fisiológica das sementes, com valores de coeficiente de determinação genotípico acima de 77,8, denotando a predominância de efeitos genéticos. Com relação à caracterização agronômica dos indutores, verificou-se alta expressão do marcador fenotípico R1-navajo em todos os indutores avaliados, característica de grande importância para a seleção de haploides em milho, e ciclo superprecoce, com destaque para o híbrido Tail P1 x Tail P2, com 48 dias para o florescimento masculino. Os resultados indicam necessidade de multiplicação frequente dos indutores de haploidia, visando manter a qualidade fisiológica das sementes, e de escalonamento do plantio dos indutores para sincronização do florescimento com as populações-fonte, considerando-se também as condições climáticas e o sistema de manejo adotado, para favorecer o máximo de polinização, e, conseqüentemente, de produção de sementes haploides.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L; desenvolvimento de linhagens duplo-haploides; indução de haploidia; obtenção de cultivares; variabilidade genética.

# **Agronomic Characteristics Of Haploidy Inducers Adapted To The Tropical Environment**

---

*Roberto dos Santos Trindade<sup>1</sup>*

*Lauro José Moreira Guimarães<sup>2</sup>*

*Déa Alécia Martins Netto<sup>3</sup>*

*Isabel Regina Prazeres de Souza<sup>4</sup>*

*Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães<sup>5</sup>*

*Ana Carolina Aparecida da Silva<sup>6</sup>*

*Silvimar Alves Guimarães<sup>7</sup>*

*Bruna Lopes Mariz<sup>8</sup>*

## **Abstract**

The double-haploids technology allows obtaining maize lines in three generations, by crossing maize plants with inducers of haploidy, and subsequent selection based on the presence or absence of purple color in the embryo, character expressed by the R1-Navajo gene. Most haploid inducers in maize are temperate, having inferior performance under tropical conditions, which has encouraged breeding programs to adapt haploid inducers via backcrossing with tropical genotypes. The objective of this work was to evaluate the germination potential and to characterize tropicalized haploid inducers based on agronomic attributes. In order to do so, two experiments were carried out at Embrapa Milho and Sorgo, in Sete Lagoas-MG, between November 2014 and September 2015. The germination potential was evaluated based on total germinated plants, total of dead or abnormal seedlings, length of aerial part and root of seedlings, and fresh and dry mass of seedlings. In another experiment, the inducers were compared based on 30 morphoagronomic characteristics demanded by the Ministry

of Agriculture for tests of distinguishability, homogeneity and stability in maize. The inductors Stock 6, W23, Tail P1, Tail P2, Tail P1 x Tail P2; 90109igig, 91202igig and 91207 igig. Significant differences were observed between genotypes for characteristics linked to the physiological quality of the seeds, with genotype coefficient of determination above 77.8, indicating the predominance of genetic effects. In relation to the agronomic characteristics, there was a high expression of the R1-Navajo phenotypic marker in all of the evaluated inducers, a characteristic of great importance for the selection of haploids in maize, and an early-mature cycle, especially for Tail P1 x Tail P2 hybrid, with 48 days for male flowering. These results indicated the need for frequent multiplication of haploid inducers, aiming at maintaining the physiological quality of the seeds, and stagger of the planting of the inducers to synchronize the flowering with the source populations, considering also the climatic conditions and the adopted management system, in order to maximize pollination and haploid seed production.

**Keywords:** *Zea mays* L; doubled-haploids lines; induction of haploidy; cultivars development; genetic variability.

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.), é uma planta alógama e pertence à família Poaceae. É uma cultura de grande importância econômica, por causa do seu uso na alimentação animal, matéria-prima para biocombustíveis, na indústria química e em outras atividades. Uma das maiores características da cultura do milho é a sua variabilidade genética, que tem possibilitado aumentos contínuos de produtividade ao longo dos anos e a



adaptação a diferentes ambientes, por meio do melhoramento vegetal.

Em programas de melhoramento de milho, uma alternativa que vem ganhando espaço para obtenção de linhagens endogâmicas é a tecnologia de linhagens duplo-haploides (DH).

Esta técnica se baseia na obtenção de indivíduos haploides, com número básico de cromossomos para a espécie ( $n=10$ ), e posterior duplicação de seu genoma, de forma espontânea ou artificial (CHASE, 1952; PRIGGE; MELCHINGER, 2011).

Para obtenção de haploides em milho, o método mais utilizado é o protocolo *in vivo*, que consiste no cruzamento de populações-fonte com indutores de haploidia, que são genótipos (linhagens ou híbridos) que possuem a capacidade de induzir, em certa proporção, a formação de sementes com embriões haploides, com constituição genética baseada nos genes dos genótipo-fonte. Entretanto, plantas haploides possuem vigor extremamente reduzido e dificuldades para reprodução por causa da impossibilidade de meiose normal nas células precursoras dos gametas, sendo necessário o tratamento das plântulas haploides com agentes químicos que promovam a inibição da mitose, permitindo a duplicação dos cromossomos em haploides de milho sem que haja divisão celular. Após a duplicação cromossômica, estas plantas podem ser autofecundadas e passam a ser chamadas de linhagens duplo-haploides, uma vez que, para cada cromossomo que a planta haploide possuía anteriormente, passa-se a ter uma cópia exata, o que lhe confere completa homozigose e o mesmo número de cromossomos de uma planta diploide (PRIGGE; MELCHINGER, 2011). Desta forma, essa técnica

permite obtenção de linhagens homozigotas em três gerações, acelerando a produção de cultivares de milho.

Na cultura do milho, são conhecidos dois processos de indução in vivo de haploidia: a androgênese e a gimnogênese. Na androgênese, o indutor de haploidia é utilizado como genitor feminino, recebendo pólen do genótipo-fonte em seus estilo-estigmas. Porém, quando o núcleo reprodutivo do grão de pólen chega ao saco embrionário e se funde com a oosfera, ocorre o desenvolvimento de um embrião haploide contendo apenas genes derivados do genótipo-fonte, no caso, o genitor masculino.

Na gimnogênese, o indutor é utilizado como genitor masculino. Neste sistema, quando o núcleo reprodutivo do grão de pólen do indutor gimnogenético entra em contato com a oosfera do genótipo-fonte no interior do saco embrionário, há a indução da divisão mitótica da oosfera em um embrião haploide, portando genes oriundos apenas do genitor feminino. Este processo é o mais utilizado para obtenção de linhagens duplo-haploides, por apresentar maior taxa de indução e praticidade de uso, uma vez que a polinização, para indução de haploidia, pode ser realizada em lotes isolados, com despendoamento dos genótipos-fonte.

Todos os genótipos atualmente utilizados como indutores de haploidia são derivados das linhagens Stock 6, que induz a formação de haploides gimnogenéticos a uma taxa de 3% de frequência, e W23, que gera haploides androgenéticos com frequência entre 1 a 3% (KERMICLE, 1969; BELICUAS et al., 2007; SILVA et al., 2009). Como esses progenitores foram selecionados e melhorados em locais de clima temperado, a maioria dos indutores de haploidia desenvolvidos em milho é

de origem temperada, tendo difícil adaptação em ambientes tropicais.

Os efeitos das características edafoclimáticas dos trópicos sobre o comportamento agrônômico de linhagens de milho indutoras de haploidia têm incentivado programas de melhoramento a adaptar indutores de haploidia via retrocruzamento com genótipos tropicais (PRASANA et al., 2012; TRINDADE et al., 2015). Visando a transferência dos genes *ig* e *R1-nj* para genótipos de milho tropicais, Rabel et al. (2008) obtiveram seis famílias de linhagens indutoras tropicalizadas, a partir do cruzamento do indutor W23 com o híbrido simples BRS 1010, obtendo taxas de indução entre 0,4 e 0,6%.

O Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) e a Universidade de Hohenhein iniciaram uma parceria para adaptação dos indutores UH400 e RWS a ambientes tropicais, por meio do retrocruzamento com germoplasma tropical. Em avaliações experimentais conduzidas em dois ambientes tropicais do México, em duas safras, estes indutores TAILs (*Tropically Adapted Inducer Lines*) expressaram taxas de indução de haploidia de 9 a 14%, sendo que o híbrido derivado do cruzamento entre essas linhagens demonstrou heterose para vigor da planta e produção de pólen sob condições tropicais e taxas de indução de haploidia similares aos parentais (8 a 10%) (KEBEDE et al., 2011; PRIGGE et al., 2012). Estes indutores possuem 75% de genoma tropical, sendo codificadas como Tail P1, Tail P2 e Tail P1 x Tail P2. A Embrapa Milho e Sorgo adquiriu licença para uso destes indutores no ano de 2013, e em 2014, começou a testar o desempenho agrônômico destes materiais em condições brasileiras.

A despeito do processo de adaptação dos indutores TAILS ao clima tropical, considerando a origem temperada destes indutores, pode-se aventar a hipótese de que existe diferença no comportamento agronômico do indutor em função de suas características genéticas, do tipo de mecanismo de indução (androgênese ou gimnogênese) e de sua adaptabilidade ao ambiente tropical. Desta forma, tendo em vista a escassez de informações sobre o comportamento agronômico de indutores de haploidia em condições tropicais, este trabalho teve como objetivo avaliar características de importância agronômica em indutores de haploidia tropicalizados.

## **Materiais e Métodos**

Para avaliação de características agronômicas em indutores de haploidia, este trabalho foi realizado em duas etapas: 1) avaliação de qualidade fisiológica de sementes; e 2) caracterização agronômica em indutores de haploidia tropicalizados.

### **Qualidade Fisiológica e Potencial Germinativo de Sementes em Indutores de Haploidia**

Esta etapa do trabalho foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Milho e Sorgo, localizado no município de Sete Lagoas, no Estado de Minas Gerais, entre abril e julho de 2016.

Foram avaliados 13 genótipos experimentais, a saber: os indutores temperados Stock 6 (gimnogenético) e W23 (androgenético); dois indutores gimnogenéticos tropicalizados, denominados Tail P1 e Tail P2, obtidos do cruzamento dos

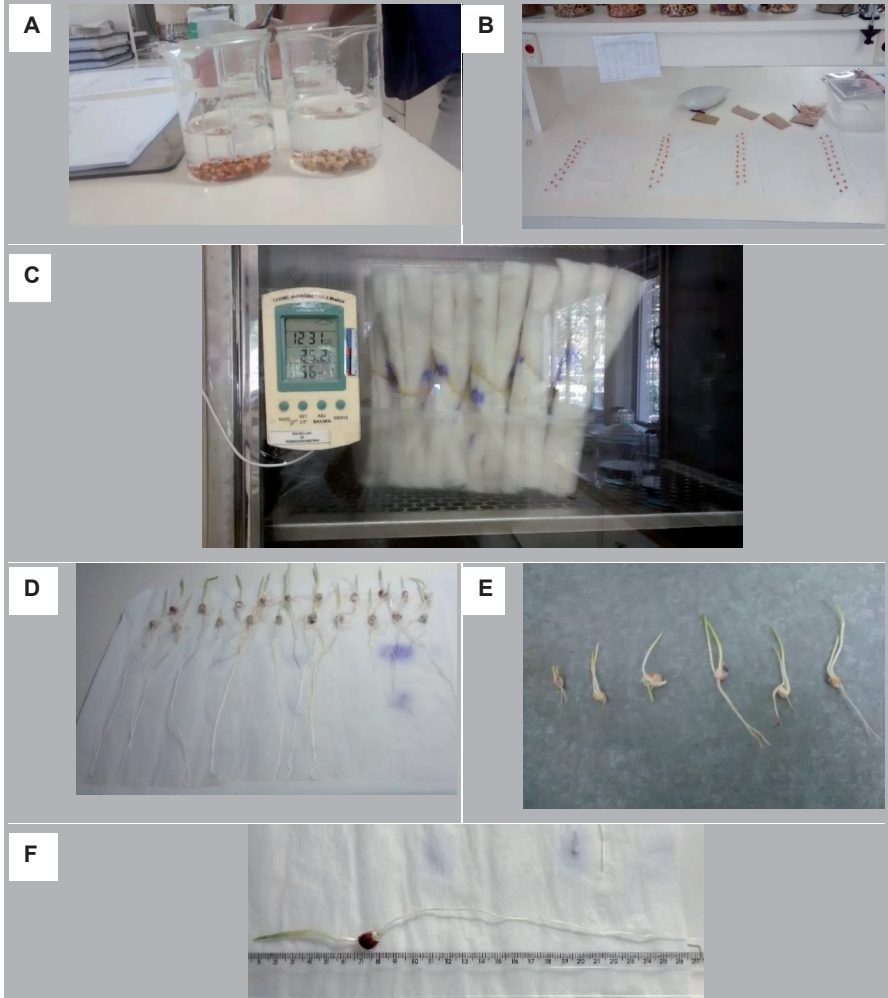
indutores UH400 e RWS com linhagens tropicais de milho; dois híbridos obtidos pelo cruzamento entre os indutores Tail P1 e Tail P2, havendo a inversão do parental feminino e masculino (Tail P1 x Tail P2 e Tail P2 x Tail P1); os indutores androgenéticos tropicalizados 90109 igig, 91202 igig e 91207 igig, obtidos do cruzamento entre a linhagem W23 e o híbrido BRS 1010 (RABEL et al., 2008) e como testemunhas experimentais as linhagens CMS M019 e CMS M027 e os híbridos simples BRS 1055 e BRS 1060.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As avaliações de potencial germinativo e de qualidade de sementes se deram por semeadura de 50 sementes de cada um dos 13 genótipos descritos anteriormente em quatro rolos de papel germiteste. Para tanto, três folhas de papel germiteste foram previamente umedecidas com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, sendo as sementes distribuídas uniformemente ao longo de todo o rolo, os quais foram enrolados cuidadosamente, fixados com elástico e levados para germinador, com parâmetros de temperatura (25,4 °C), umidade (56% UR) e luminosidade (12h30 de luz) controlados.

Sete dias após a semeadura, os rolos foram abertos, e foram avaliadas as seguintes características no conjunto de plântulas recém-germinadas: total de plântulas germinadas, por contagem do número de plântulas que emitiram radícula e hipocótilo, com resultado em porcentagem; total de plântulas anormais ou mortas, em porcentagem (%); comprimento de parte aérea e comprimento de raiz, ambos medidos por régua graduada, em centímetros; razão raiz/parte aérea, obtida pela relação entre o comprimento radicular e o comprimento

da parte aérea; massa verde de plântulas germinadas, em miligramas, obtida por pesagem em balança de precisão de três casas decimais das plantas que apresentaram germinação normal; massa seca de plântulas germinadas, em miligramas, obtida por secagem das plântulas em estufa de ventilação forçada em 65 °C por 48 horas, com posterior pesagem em balança de precisão de três casas decimais.

Na análise de variância, considerou-se o efeito dos genótipos (indutores de haploidia) e das testemunhas. Foram estimados as médias, o coeficiente de variação experimental e o coeficiente de determinação genotípica para as características avaliadas. Em seguida, procedeu-se a avaliação dos grupos de genótipos avaliados (indutores androgenéticos, indutores gimnogenéticos e testemunhas experimentais, separando-se ainda em linhagens e híbridos), efetuando-se o desdobramento dos graus de liberdade dentro do experimento em contrastes ortogonais para todas as características avaliadas. Todas as análises estatísticas foram efetuadas com auxílio dos softwares genes (CRUZ, 2013) e SISVAR (FERREIRA, 2011).



**Figura 1.** Etapas da avaliação do potencial germinativo de indutores de haploidia. A) Desinfecção de sementes; B) Distribuição de sementes em papel germiteste; C) Amostras em germinador; D) Plântulas normais após sete dias de germinação; E) Plântulas anormais; F) Aferição do comprimento de plântula com régua graduada.

## **Características Agronômicas de Indutores de Haploidia Androgenéticos e Gimnogenéticos adaptados ao Ambiente Tropical**

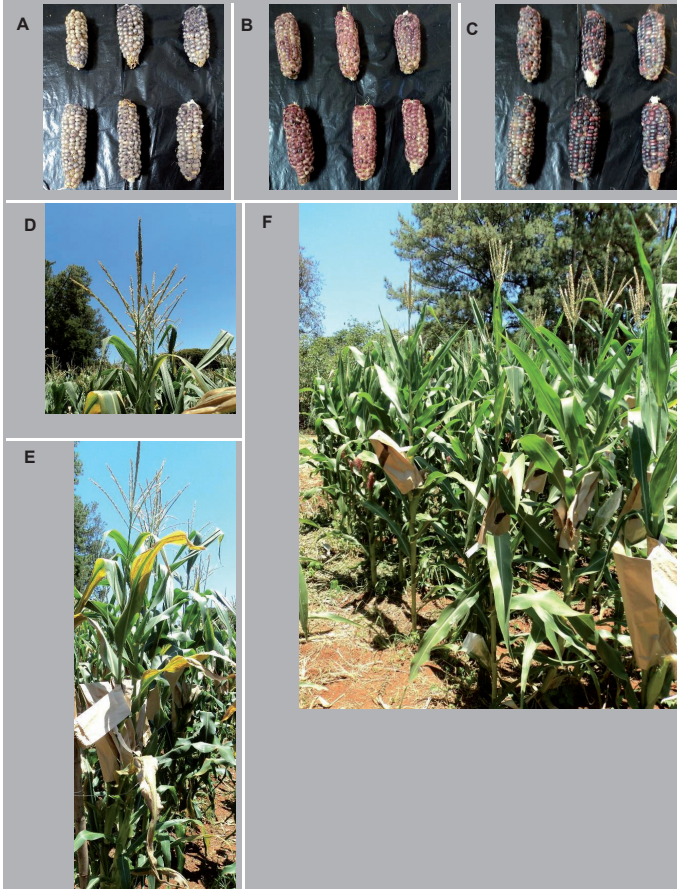
Esta etapa do trabalho foi realizada na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, no Estado de Minas Gerais, entre janeiro e setembro de 2015.

Neste experimento, foram caracterizados seis indutores de haploidia: os indutores gimnogenéticos tropicalizados Tail P1 e Tail P2; o híbrido entre os indutores Tail P1 e Tail P2, e os indutores androgenéticos tropicalizados 90109 igig, 91202 igig e 91207 igig, obtidos do cruzamento entre a linhagem W23 e o híbrido BRS 1010 (RABEL et al., 2008).

Estes genótipos foram cultivados em blocos não casualizados, compostos por sete fileiras de 5 m, espaçadas de 0,70 m, com plantio de 5 sementes por metro linear, com populações de plantas em torno de 175 plantas por bloco. Todas as operações de plantio e manejo efetuadas no experimento seguiram as recomendações preconizadas para a cultura do milho (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A caracterização dos seis indutores de haploidia avaliados neste estudo se iniciou a partir da antese deles, prosseguindo até a pós-colheita. Foram utilizadas 30 características morfoagronômicas para caracterização e distinção entre os indutores avaliados, sendo parte delas demandada pelo Ministério da Agricultura em ensaios de valor e cultivo e uso e de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade em milho comum.





**Figura 2.** Aspectos de espigas (A, B e C), pendão (D) e de plantas (E e F) dos indutores de haploidia avaliados no experimento.

Quando da realização de avaliações visuais de características morfoagronômicas em condições de campo, definiu-se como progênies para avaliação as plantas localizadas nas 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> fileiras, considerando-se 10 plantas para avaliação nas duas fileiras, desprezando-se as duas primeiras e as duas últimas plantas em cada fileira. A relação de características avaliadas vem a seguir:

1. Ângulo entre a lâmina foliar e o colmo: ângulo entre o colmo e a lâmina foliar medido logo acima da 1ª espiga, variando em pequeno, médio e grande.
2. Curvatura do colmo (grau zig-zag): variando em ausente, levemente recurvado e fortemente recurvado.
3. Número de folhas acima da 1ª espiga.
4. Presença de pubescência na bainha foliar: variando em ausente, média e abundante.
5. Pigmentação da lâmina foliar por antocianina: variando em ausente e presente.
6. Número de nós, contabilizado da base do colmo até a folha bandeira.
7. Coloração da nervura principal: presença de coloração por antocianina na nervura principal da lâmina foliar, variando em ausente e presente.
8. Coloração das anteras: presença de coloração púrpura, em razão da presença de antocianina, nas anteras do pendão, variando em ausente/fraca, presente/média ou presente/forte.
9. Ângulo entre haste principal e ramificações laterais: ângulo formado entre a haste principal do pendão e as ramificações laterais dele, variando entre pequeno, quando menor ou igual a  $45^\circ$ , médio, quando maior que  $45^\circ$  e menor que  $90^\circ$ , e grande, quando maior ou igual a  $90^\circ$ .

10. Comprimento da haste principal, medido da base até o ápice do pendão, com régua graduada em centímetros.
11. Comportamento das ramificações laterais: comportamento das ramificações laterais do pendão, variando em reta, recurvada ou fortemente recurvada.
12. Número de ramificações laterais: número de ramificações laterais do pendão.
13. Coloração no estilo-estigma: presença de coloração púrpura, por causa da presença de antocianina no estilo-estigma, variando em ausente ou presente.
14. Comprimento do pedúnculo: comprimento do pedúnculo da espiga de milho, variando entre curto, médio ou longo.
15. Producibilidade: peso total de sementes produzidos por bloco, a 13% de umidade, avaliado em gramas por parcela, sendo convertido posteriormente em kg/ha.
16. Estande: número total de plantas por fileira, sendo consideradas no presente experimento a 4ª e 5ª fileiras.
17. Número de espigas: número total de espigas colhidas para cada indutor.
18. Peso 1ª espiga: média do peso em gramas da 1ª espiga de 10 plantas aleatórias, após surgimento de camada preta nas sementes.

19. Comprimento de espiga: média do comprimento de 10 espigas aleatórias, em cada indutor avaliado.
20. Diâmetro de espiga: média do diâmetro de 10 espigas aleatórias em cada indutor de haploidia avaliado.
21. Número de fileiras: média do número de fileiras de grãos em 10 espigas aleatórias para cada indutor avaliado.
22. Número de grãos/espiga: média do número de grãos presente em 10 espigas de cada genótipo avaliado.
23. Peso 100 grãos: média do peso em gramas de 100 sementes de cada indutor de haploidia avaliado, determinado em 10 espigas aleatórias.
24. Florescimento feminino: dias do plantio até a emissão do estilo-estigma em 50% das plantas avaliadas em cada bloco.
25. Florescimento masculino: número de dias do início de emissão de pólen por 50% dos pendões das plantas de cada indutor de haploidia avaliado.
26. Duração da emissão de pólen: número médio de dias de emissão de pólen em 50% das plantas para cada indutor de haploidia avaliado
27. Área marcada com *R1-nj*: área da superfície da semente marcada com coloração púrpura, por causa da presença de antocianina codificada pelo gene *R1-navajo (R1-nj)*, dada em escala de notas variando entre 1 (nenhuma marcação) e 5 (semente totalmente recoberta por antocianina).

28. Intensidade de cor *R1-nj*: intensidade da coloração púrpura expressa por presença de antocianina codificada pelo marcador *R1-nj* em sementes, dada em escala de notas variando de 1 (ausência de coloração) a 5 (alta intensidade de coloração púrpura);
29. Altura de planta: dada pela altura da base da planta até a folha bandeira, em metros.
30. Altura de espiga: dada pela altura da base da planta até a inserção da primeira espiga, em metros.

Os dados foram tomados por avaliações em campo e pós-colheita, sendo os dados analisados por estatística descritiva.

## Resultados e Discussão

### Qualidade Fisiológica e Potencial Germinativo de Sementes em Indutores de Haploidia

Houve diferenças significativas entre genótipos para todas as características avaliadas (Tabela 1). Considerando-se os indutores de haploidia e as testemunhas experimentais separadamente, houve diferença significativa entre indutores para todas as características avaliadas, mas não houve diferença entre indutores para a germinação e para o número de plantas anormais ou mortas (Tabela 1).

Foram verificadas diferenças significativas entre os indutores de haploidia avaliados e as testemunhas experimentais para todas as características avaliadas, com exceção da razão raiz/parte aérea (Tabela 1). Considerando este resultado com as médias

gerais para estes dois grupos (Tabela 1), percebe-se que, com exceção do número de plantas anormais e mortas (AM), para todas as demais características houve uma superioridade das testemunhas experimentais sobre os testadores no que tange o potencial germinativo e o desenvolvimento inicial, que é um dos componentes do vigor da semente (DIAS; BARROS, 1995).

**Tabela 1.** Quadrados médios, médias, limite superior (LS) e inferior (LI), coeficiente de variação experimental (CV%) e coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) para sete características ligadas à qualidade de sementes de nove indutores de haploidia e quatro testemunhas.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		GER	AM	CP	CR	CR/CP	MV	MS
Rep	3	26,92	20,99	0,11	1,57	0,01	0,55	0,003
Gen	12	299,12**	296,23**	16,14**	61,01**	0,25**	48,81**	0,37**
Ind	8	373,09**	366,31**	6,27**	47,09**	0,26**	13,79**	0,06**
Test	3	55,72 <sup>ns</sup>	55,72 <sup>ns</sup>	31,56**	60,14**	0,32**	41,14**	0,23**
Ind vs Test	1	431,51*	457,06*	48,73**	174,91**	0,03 <sup>ns</sup>	352,02**	3,24**
Erro	36	71,02	81,06	0,59	3,12	0,49	1,11	0,01
<b>Média Geral</b>		83,5	16,6	8,0	15,4	1,94	7,8	0,42
<b>Média Ind</b>		81,5	18,6	7,4	14,2	1,92	6,1	0,26
<b>Média Test</b>		87,8	12,2	9,5	18,2	1,97	11,7	0,79
<b>LS</b>		100,0	45,0	13,9	24,4	2,51	14,9	1,07
<b>LI</b>		55,0	0,0	4,9	7,6	1,22	3,2	0,03
<b>CV%</b>		10,1	54,1	9,6	11,5	11,4	13,3	26,4
<b>H<sup>2</sup></b>		80,9	77,8	90,5	93,4	80,9	91,9	80,8

\*, \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo.

Rep = Repetição; Gen = Genótipo; Ind = indutores de haploidia; Test = testemunhas não indutoras; GER = germinação (%); AM = plântulas anormais e mortas; CP = comprimento de parte aérea; CR = comprimento de raiz; CR/CP = razão raiz/parte aérea; MV = massa verde de plântula; MS = massa seca de plântula.

Os coeficientes de variação experimentais (CV%) variaram entre 54,1 e 9,6, com valores mais altos de CV% para número de plântulas anormais e mortas e massa seca de plântula (Tabela 1). No caso de plântulas anormais e mortas, esse valor de CV reflete também a existência de valores nulos dessa característica para alguns genótipos avaliados, uma vez que os limites inferior e superior dela oscilaram entre 0 e 45. Já as variações observadas para a massa seca de plântula indicam a existência de grande variabilidade para este caráter, devendo ser considerada ainda a perda de mais de 10 vezes do peso em água dos genótipos em avaliação após secagem.

Os coeficientes de determinação genotípico ( $H^2$ ) variaram entre 77,8 (número de plântulas anormais e mortas) e 93,4 (comprimento de raiz), denotando a predominância de efeitos genéticos sobre os fenotípicos para as características avaliadas. Mesmo se considerando que o teste de germinação visa promover um ambiente que favoreça ao máximo a emergência das plântulas, os valores de  $H^2$  indicam a possibilidade de ganhos por seleção para características ligadas a qualidade fisiológica de sementes para os genótipos avaliados, como a germinação e o vigor, o que se torna extremamente importante tendo em vista a origem dos indutores de haploidia em estudo e a necessidade de adaptação deles ao ambiente de cultivo.

A análise de contrastes ortogonais para germinação, plântulas anormais e mortas, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, massa verde e massa seca de plântula indicou predomínio de genótipos não indutores de haploidia, no caso, as testemunhas comerciais, sobre os indutores de haploidia, (Ind vs Test - Tabela 2). Considerando o melhoramento com foco principal em produtividade de grãos, um dos mais importantes

componentes da produtividade é o estabelecimento de estande inicial, o que acaba levando a uma seleção de cultivares para maior “arranque” inicial. Por outro lado, o melhoramento com foco em indução de haploidia visaria aumentar o número de haploides obtidos por cruzamento, o que pode colocar em segundo plano características ligadas a germinação e vigor, embora estas características tenham suma importância para estabelecimento do campo de indução de haploidia.

O comparativo entre linhagens indutoras e linhagens não indutoras (LI vs LNI – Tabela 2) não apresentou diferença para nenhuma das características avaliadas, demonstrando que linhagens indutoras de haploidia apresentam comportamento análogo ao de linhagens comerciais para todas as características avaliadas. Já para o contraste entre híbridos indutores e híbridos não indutores (HI vs HNI) houve diferenças significativas para germinação, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, e razão raiz/parte aérea. Este resultado pode estar vinculado ao maior desenvolvimento inicial em híbridos comerciais, porém chama atenção o fato de que, proporcionalmente, híbridos indutores de haploidia tenham um maior desenvolvimento radicular em comparação com híbridos não indutores, sendo que a manutenção dessa relação em estádios mais avançados de desenvolvimento da planta pode representar uma estratégia de estabelecimento da planta em condições de limitada oferta de nutrientes (TRINDADE; ARAÚJO, 2014).

Encontraram-se diferenças significativas entre indutores gimnogenéticos e androgenéticos (IndG vs IndA – Tabela 2) para comprimento de parte aérea, razão raiz/parte aérea e massa verde de plântula, observando-se maior comprimento



de parte aérea e massa verde em indutores androgenéticos e maior razão raiz/parte aérea em indutores gimnogenéticos. Este resultado pode ser consequência do processo de melhoramento para obtenção dos indutores androgenéticos avaliados neste trabalho, que consistiu no cruzamento com o híbrido BRS 1010.

**Tabela 2.** Médias e valores de F de contrastes ortogonais para sete características ligadas a qualidade de sementes de cinco indutores gimnogenéticos, quatro indutores androgenéticos, duas linhagens e dois híbridos comerciais, avaliados no laboratório de análise de sementes da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

Contrastes Ortogonais	Características Avaluadas											
	GER (%)			AM (%)			CP (cm)			CR (cm)		
	Média 1º Grupo	Média 2º Grupo	Valor de F	Média 1º Grupo	Média 2º Grupo	Valor de F	Média 1º Grupo	Média 2º Grupo	Valor de F	Média 1º Grupo	Média 2º Grupo	Valor de F
Ind vs Test	81,5	87,8	6,16*	18,6	12,1	5,63*	7,37	9,47	81,8**	14,2	18,2	55,92**
LI vs LNI	80,18	88,12	0,34	20,17	11,87	0,24	7,23	7,11	0,22	13,3	15,11	0,37
HI vs HNI	86,25	87,5	4,31*	13,12	12,5	3,26	7,89	11,84	13,52**	17,38	21,23	16,08**
IndG vs IndA	83,5	79,06	2,46	16,25	21,56	3,09	6,92	7,95	15,63**	13,98	14,48	0,67
Stock 6 vs IndG	98,75	79,69	16,37**	1,25	20,00	13,87**	5,10	7,38	27,65**	8,37	15,39	50,43**
W23 vs IndA	68,75	82,50	19,83**	31,25	18,33	16,71**	7,95	7,94	3,28	11,27	15,54	27,51**
LI Tails vs HI Tails	86,25	87,5	4,31*	13,13	12,5	3,26	7,89	11,84	3,28	17,38	21,24	16,08**

Contrastes Ortogonais	Características avaluadas								
	CR/CP			MV (g)			MS (g)		
	Média 1º Grupo	Média 2º Grupo	Valor de F	Média 1º Grupo	Média 2º Grupo	Valor de F	Média 1º Grupo	Média 2º Grupo	Valor de F
Ind vs Test	1,92	1,97	0,57 <sup>ns</sup>	6,16	11,79	318,30**	0,26	0,80	261,93**
LI vs LNI	1,84	2,13	0,28	5,51	9,60	0,20	0,21	0,62	0,02
HI vs HNI	2,20	1,82	10,31**	8,44	13,9	1,63	0,40	0,98	0,58
IndG vs IndA	1,99	1,83	4,71*	5,79	6,46	3,64*	0,28	0,22	2,27
Stock 6 vs IndG	1,64	2,08	12,46**	4,87	6,86	11,51**	0,21	0,30	2,12
W23 vs IndA	1,42	1,97	9,44**	3,77	6,46	2,44	0,07	0,28	0,11
LI Tails vs HI Tails	2,20	1,81	10,31**	8,44	14,0	1,63	0,40	0,97	0,58

GER = germinação (%); AM = plântulas anormais e mortas; CP = comprimento de parte aérea; CR = comprimento de raiz; CR/CP = razão raiz/parte aérea; MV = massa verde de plântula; MS = massa seca de plântula; IndG = indutores de haploidia gimnogenéticos; IndA = indutores de haploidia androgenéticos; Test = testemunhas não indutoras; HI = híbridos indutores; LI = linhagens indutoras; HNI = híbridos simples não indutores; LNI = linhagens não indutoras.

Comparando-se a linhagem Stock 6 com os demais indutores gimnogenéticos, percebe-se que o processo de melhoramento para aumento dos percentuais de indução de haploidia também favoreceram outras características (Stock 6 vs IndG –Tabela 2). Embora o indutor Stock 6 apresente alta taxa de germinação e baixo percentual de plântulas anormais e mortas, para comprimento de parte aérea e raiz, razão raiz/parte aérea e massa verde de plântula, os demais indutores gimnogenéticos superaram o indutor Stock 6, indicando que estes materiais possuem um maior vigor. O vigor em sementes pode ser definido como a soma de atributos que confere à semente o potencial para germinar, emergir e se desenvolver em uma planta viável sob ampla diversidade de condições ambientais, incluindo-se neste caso condições desfavoráveis (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2001).

Para o contraste entre o indutor W23 e indutores androgenéticos derivados dele (W23 vs IndA –Tabela 2), houve diferenças significativas para germinação, plântulas anormais e mortas, comprimento de raiz e razão raiz/parte aérea, com superioridade para os indutores melhorados a partir do cruzamento com o híbrido BRS 1010. O contraste entre as linhagens TAILs e os híbridos TAILs (LI vs HI –Tabela 2) demonstrou haver diferenças significativas para germinação, comprimento de raiz e razão raiz/parte aérea, com maior desenvolvimento para os híbridos TAILs, o que pode ter relação com o vigor híbrido resultante do cruzamento entre as linhagens TAILs.

Em função dos dados apresentados, e estabelecendo-se um comparativo entre os indutores de haploidia avaliados e os genótipos comerciais, torna-se recomendável um manejo cuidadoso na produção de sementes para indutores de

haploidia, e que a multiplicação de sementes deve ser feita frequentemente, a fim de se garantir a qualidade da semente. Ademais, as estimativas de  $H^2$  para os genótipos estudados indicam que há variabilidade para seleção de genótipos com melhor potencial germinativo e vigor nos indutores em estudo.

## **Características Agronômicas de Indutores de Haploidia Androgenéticos e Gimnogenéticos Adaptados ao Ambiente Tropical**

A caracterização de indutores de haploidia com base em características morfológicas indicou diferenças entre indutores androgenéticos e gimnogenéticos. Entretanto, boa parte dessas diferenças pode ter relação com a origem dos materiais, a despeito das diferenças em seus sistemas de indução.

Todos os indutores avaliados apresentaram ângulo entre a lâmina foliar e o caule variando entre pequeno e médio e curvatura do colmo leve ou inexistente (Tabela 3). Essas características denotam plantas com porte ereto e arquitetura moderna, uma vez que um ângulo pequeno entre o colmo e a lâmina foliar em milho pode ser uma forma de aumentar a interceptação de luminosidade no dossel, favorecendo a fotossíntese (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Outra característica importante para a captação de radiação incidente, o número de folhas acima da 1ª espiga, variou entre 3 e 6,50 folhas, com destaque para a linhagem indutora 91202 igig.

O número de nós no colmo das plantas avaliadas variou entre 8,33 e 13, com destaque para o indutor 90109 igig como sendo o de maior número de nós. Cabe destacar também o aumento em número de nós decorrente da hibridação entre as

linhagens Tail P1 e Tail P2, com o híbrido alcançando 10,50 nós no colmo, o que se reflete em uma maior estatura de planta, e possivelmente uma maior capacidade de propagação de pólen em distância, se esta estatura se combinar com outras características como peso de pólen, deiscência de anteras e tempo de emissão de pólen.

Todas as plantas avaliadas apresentaram presença de pubescência na bainha foliar e ausência de coloração na nervura principal (Tabela 3), não constituindo estas características parâmetros para diferenciação destes genótipos. Contudo, a presença de pigmentação por antocianina na lâmina foliar se destacou como parâmetro para diferenciação entre os indutores androgenéticos e gimnogenéticos, sendo presente apenas nos indutores gimnogenéticos. Em trabalhos de seleção de haploides, alguns autores relatam o uso de coloração com antocianina em caule e folhas como parâmetro para descarte de “falsos-positivos” na produção de duplo-haploides (KEBEDE et al., 2011; PRASANNA et al., 2012), porém deve-se ter em conta as características inerentes aos genótipos-fonte para uso da pigmentação externa com antocianina para diferenciação.

Com relação às características ligadas ao pendão dos indutores, observou-se presença de pigmentação com antocianina no pendão dos indutores 91207 igig e Tail P2 (Tabela 3). A haste principal do pendão dos indutores caracterizados variou de 20 a 26,38 cm, com destaque para a haste do híbrido Tail P1 x Tail P2, verificando-se maior tamanho de pendão nos indutores gimnogenéticos, em relação aos androgenéticos, o que pode ter relação direta com o sistema de indução, já que indutores gimnogenéticos são utilizados como parental masculino em campos de indução (PRASANNA et al., 2012).

**Tabela 3.** Características morfológicas de seis indutores de haploidia adaptados ao ambiente tropical, avaliados em Sete Lagoas-MG, entre janeiro e setembro de 2015.

Características Agronômicas	Indutores Androgenéticos			Indutores Gimnogenéticos		
	90109 igig	91202 igig	91207 igig	Tail P1	Tail P2	Tail P1 x Tail P2
<b>Morfologia da Planta</b>						
Ângulo entre lâmina foliar e colmo	Pequeno	Pequeno	Médio	Médio	Pequeno	Pequeno
Curvatura do colmo (grau zig zag)	Sem curvatura	Sem curvatura	Levemente curvado	Levemente curvado	Sem curvatura	Levemente curvado
Nº de folhas acima da 1ª espiga	4,50	6,50	6,00	3,00	4,50	4,25
Presença de pubescência na bainha foliar	Presente/média	Presente/média	Presente/média	Presente/média	Presente/média	Presente/média
Pigmentação na lâmina foliar por antocianina	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
Nº de nós	13,00	12,50	12,50	8,33	9,00	10,50
Coloração na nervura principal	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Características do Pendão</b>						
Coloração das anteras	Ausente/fraca	Ausente/fraca	Presente/média	Ausente/fraca	Presente/média	Ausente/fraca
Ângulo entre haste principal e ramificações laterais	Pequeno (<45°)	Pequeno (<45°)	Pequeno (<45°)	Médio (<90°)	Grande (>90°)	Médio (<90°)
Comprimento da haste principal (cm)	20,00	20,00	19,50	23,00	24,75	26,38
Comportamento das ramificações laterais	Reta	Reta	Reta	Recurvada	Fortemente recurvada	Recurvada
Nº de ramificações laterais	10,50	6,50	7,00	6,50	14,50	8,25
<b>Características de Espiga</b>						
Coloração no estilo-estigma	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente
Comprimento do pedúnculo	Curto	Curto	Curto	Curto	Curto	Curto

O ângulo entre a haste principal e as ramificações laterais do pendão também foi um fator de diferenciação entre indutores gimnogenéticos e androgenéticos (Tabela 3). Enquanto indutores androgenéticos apresentaram um pendão mais compacto, com ângulo entre a haste principal e as ramificações laterais menor que 45°, os indutores gimnogenéticos apresentaram uma arquitetura de pendão mais aberta, com ângulo de abertura entre haste principal e suas ramificações variando entre 45 e 90°, com maior ângulo para o indutor Tail P2 (>90°). Outra característica de distinguibilidade do pendão entre indutores gimnogenéticos e androgenéticos foi o comportamento das ramificações laterais do pendão, que se

apresentaram mais recurvadas em indutores gimnogenéticos. Considerando o vento como maior agente de dispersão de pólen, um pendão com arquitetura mais aberta e boa deiscência de pólen pelas anteras tem maior possibilidade de propagação de pólen em maiores distâncias no campo. O número de ramificações laterais variou entre 6,50 e 14,50 ramificações laterais por pendão, com maior destaque para o genótipo Tail P2, com maior número de ramificações por pendão.

Com relação às características relacionadas a espigas, observou-se pouca variabilidade em caracteres anteriores à colheita. Em geral, as espigas avaliadas apresentaram pedúnculo curto e presença de antocianina no estilo-estigma, com exceção da linhagem 91207 igig (Tabela 3).

Em relação a características relacionadas à produtividade (Tabela 4), verificaram-se valores de producibilidade de sementes variando entre 442 e 1.191 kg/ha, valores baixos para campos de produção de sementes em escala comercial. Para os indutores androgenéticos, a maior produção de sementes foi da linhagem indutora 90109 igig, e para os indutores gimnogenéticos, a maior produção de sementes foi do híbrido Tail P1 x Tail P2, que expressou a maior producibilidade no experimento, possivelmente em decorrência de efeitos de heterose para produção de sementes. Este fato reflete a dificuldade na produção de sementes em indutores de haploidia, muito em virtude da presença de germoplasma tropical. O processo de tropicalização em indutores de haploidia é realizado de forma branda, visando evitar a perda do potencial para obtenção de haploides (KEBEDE et al., 2011; PRIGGE et al., 2012). Isso leva a uma adaptação limitada dos indutores ao

ambiente tropical, tornando o manejo destes genótipos mais difícil.

O estande final para os genótipos avaliados variou entre 14 plantas (Tail P1) e 22 plantas por fileira (91207 igig), ficando aquém do estande ideal, de 25 plantas/ fileira (Tabela 4). O número total de espigas produzidas também ficou abaixo do ideal, variando entre 44 espigas (Tail P1) e 78 espigas (Tail P1 x Tail P2), com várias plantas emitindo uma segunda espiga viável.

**Tabela 4.** Características agronômicas de indutores de haploidia tropicalizados avaliados em Sete Lagoas, MG, entre janeiro e setembro de 2015.

Características	Indutores Androgenéticos			Indutores Gimnogenéticos		
	90109 Igig	91202 Igig	91207 igig	Tail P1	Tail P2	Tail P1 x Tail P2
Producibilidade (kg/ha)	992,06	515,31	646,26	442,18	448,41	1191,04
Estande	18	16	22	14	17	18
Nº Espigas	54	50	67	44	65	78
Peso 1ª espiga (g)	81,83	69,17	83,67	40,22	39,00	76,10
Comprimento de espiga (mm)	119,31	98	115,81	104,00	100,82	119,92
Diâmetro de Espiga (mm)	39,42	39,58	39,59	32,24	31,32	34,74
Nº Fileiras de grãos	14	14	16	12	12	12
Nº grãos/espiga	277	227	320	110	100	240
Peso 100 grãos (g)	23,61	27,30	20,63	30,00	28,00	28,00
Florescimento feminino (dias)	56	62	58	49	51	48
Florescimento masculino (dias)	57	62	59	50	52	49
Duração da emissão de pólen (dias)	5	5	5	4	4	5
Área Marcada com <i>R1-nj</i>	4	4	4	4	5	5
Intensidade de cor <i>R1-nj</i>	4	4	4	3	3	4
Altura de Planta (m)	1,95	1,45	1,75	1,45	1,35	1,90
Altura de Espiga (m)	0,95	0,75	1,00	0,65	0,75	0,95

Em função dos dados apresentados para estande e número de espigas, verifica-se que a baixa producibilidade tem relação direta com a formação do estande e com o número de espigas emitidas por planta, mas outras características também podem incorrer para esse resultado. O peso da primeira espiga variou entre 39 gramas (Tail P2) e 83,67 gramas (91207 igig), verificando-se maior peso da primeira espiga no híbrido Tail P1

xTail P2 e nos três indutores androgenéticos avaliados (Tabela 4). O comprimento de espiga variou entre 98 mm (91202 igig) e 119,92 mm (Tail P1 xTail P2), enquanto que o diâmetro de espiga variou de 32 a 34 mm para os indutores gimnogenéticos e se fixou em torno de 39 mm para os indutores androgenéticos.

Considerando-se separadamente indutores gimnogenéticos e androgenéticos, verifica-se um número de fileiras de grãos em torno de 12 para indutores maternos, enquanto indutores paternos apresentam de 14 a 16 fileiras de grãos. O número de grãos por espiga também variou de 100 a 240 grãos por espiga para o indutor Tail P1 xTail P2, e de 227 a 320 grãos por espiga, para o indutor 91207 igig. O peso de 100 grãos foi mais estável entre os indutores gimnogenéticos, ficando em torno de 28 g, enquanto que para os indutores androgenéticos variou de 20,63 g (91207 igig) até 27,30 g (91202 igig).

Com relação ao florescimento masculino e feminino, no caso dos indutores gimnogenéticos, eles apresentaram ciclo superprecoce, com destaque para o indutor Tail P1 x Tail P2 (48 dias), enquanto que os indutores androgenéticos apresentaram ciclo variando entre superprecoce (56 dias para o indutor 90109 igig) e precoce (62 dias para o indutor 91202 igig). Cabe destacar que a duração de emissão de pólen ficou entre 4 e 5 dias para todos os genótipos em avaliação. Tendo em vista o ciclo superprecoce apresentado pelos indutores gimnogenéticos, os quais são utilizados como genitores masculinos em campos de indução, torna-se recomendável o plantio escalonado deles de forma a acompanhar o ciclo das populações-fonte para indução de haploidia. Prasanna et al. (2012) preconizam o uso de 4 épocas de plantio, espaçadas de sete em sete dias a partir do plantio para que o pólen do indutor



atinja todos os genótipos-fontes em campos comerciais de obtenção de haploides.

Para a área marcada e intensidade de expressão do marcador R1-navajo (Tabela 4), verificaram-se valores iguais ou acima de 4, denotando boa expressão do gene marcador para seleção de haploides nos genótipos em estudo. Tendo em conta a altura de planta e altura de espiga dos genótipos avaliados, houve grande variação para estas características, não sendo possível separar os grupos de indutores em função de altura ou inserção de espiga. Os maiores valores de altura de planta foram observados nos indutores Tail P1 x Tail P2 e 90109 igig. Cabe destacar ainda a alta inserção de espiga nos indutores Tail P2 e 91202 igig.

Considerando-se os dois sistemas de indução de haploidia disponíveis para uso comercial e os dados resultantes do presente trabalho, para obtenção de haploides em milho em condições de campo, verifica-se como de uso mais prático os indutores gimnogenéticos, conforme já adotado por empresas de melhoramento para obtenção de linhagens duplo-haploides por meio de cruzamento com populações-fonte (PIERRE et al., 2011). Na utilização destes indutores, recomenda-se cuidados com escalonamento do plantio (Split), com as condições climáticas e com o sistema de produção visando favorecer ao máximo a polinização e conseqüente produção de sementes haploides.

## **Conclusões**

Considerando os resultados obtidos nos dois experimentos conduzidos, chega-se às seguintes conclusões:

1 - A multiplicação de sementes de indutores de haploidia deve ser feita frequentemente, e demanda manejo cuidadoso, a fim de se garantir a qualidade da semente.

2 - Existe variabilidade para seleção de genótipos com melhor potencial germinativo e vigor, considerando os indutores de haploidia avaliados no presente estudo.

3 - Para a produção de duplo-haploides em milho, em escala comercial, recomenda-se o uso de indutores gimnogenéticos, tomando-se cuidados com o escalonamento do plantio e observação das condições climáticas e do sistema de manejo adotado, para favorecer o máximo de polinização, e, conseqüentemente, a produção de sementes haploides.

## **Agradecimentos**

À Embrapa Milho e Sorgo, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – Fapemig, pelo apoio financeiro a esse trabalho. Aos técnicos Fábio Rabello Soares e Eduardo Elias de Faria e toda a equipe de melhoramento de milho pela condução dos experimentos. À técnica de laboratório Mônica Imaculada Conceição pelo apoio nas análises de qualidade fisiológica de sementes.

## **Referências**

BELICUAS, P. R.; GUIMARÃES, C. T.; PAIVA, L. V.; DUARTE, J. M.; MALUF, W. R.; PAIVA, E. Androgenetic haploid and SSR markers as tools for the development of tropical maize hybrids. *Euphytica*, Wageningen, v. 156, n. 1/2, p. 95-102, 2007.

CHASE, S. S. Production of homozygous diploids of maize from monoploids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 44, p. 263-267, 1952.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DIAS, M. C. L. de L.; BARROS, A. S. do R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43 p. (IAPAR. Circular, 88).

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 326 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

KEBEDE, A. Z.; DHILLON, B. S.; SCHIPPRACK, W.; ARAUS, J. L.; BANZIGER, M.; SEMAGN, K.; ALVARADO, G.; MELCHIGER, A. E. Effect of source germplasm and season on the in vivo haploid induction rate in tropical maize. **Euphytica**, Wageningen, v.180, n. 2, p. 219-226, 2011.

KERMICLE, J. L. Androgenesis conditioned by a mutation in maize. **Science**, Washington, v. 166, n. 3911, p. 1422-1424, 1969.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, Brasília, DF, v.11, n. 3, p. 81-84, dez. 2001.

PIERRE, P.; DAVIDE, L.; COUTO, E.; SILVA, T.; RAMALHO, M.; SANTOS, J. Duplo-haploides: estratégias para obtenção e

importância no melhoramento genético do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 1 p. 1-16, 2011. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/348>>. Acesso em: 1 jul. 2013.

PRASANNA, B. M.; CHAIKAM, V.; MAHUKU, G. (Ed.). **Doubled haploid technology in maize breeding: theory and practice**. Mexico, DF: CIMMYT, 2012. 50 p.

PRIGGE, V.; SCHIPPRACK, W.; MAHUKU, G.; ATLIN, G. N.; MELCHINGER, A. E. Development of in vivo haploid inducers for tropical maize breeding programs. **Euphytica**, Wageningen, v. 185, n. 3, p. 481-490, 2012.

PRIGGE, V.; MELCHINGER, A. E. Production of haploids and doubled haploids in maize. In: LOYOLA-VARGAS, V. M.; OCHOA-ALEJO, N. (Ed.). **Plant cell culture protocols**. 3rd ed. Totowa: Humana Press, 2011.

RABEL, M.; GUIMARÃES, C. T.; PARENTONI, S. N.; LANA, U. G. de P.; MAGALHÃES, P. C.; PAIVA, E. Obtenção de genótipos de milho tropicais indutores de haploidia. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras**. [Londrina]: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 1 CD-ROM.

SILVA, G. J. da S.; GUIMARÃES, C. T.; PARENTONI, S. N.; RABEL, M.; LANA, U. G. de P.; PAIVA, E. **Produção de haploides**

**androgenéticos em milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 81).

TRINDADE, R. dos S.; SILVA, A. C. A. da; MARIZ, B. L.; GUIMARÃES, L. J. M.; SOUZA, I. R. P. de; GUIMARÃES, P. E. de O.; NETTO, D. A. M. Características agronômicas de indutores de haploidia androgenéticos e gimnogenéticos adaptados ao ambiente tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 8., 2015, Goiânia. **O melhoramento de plantas, o futuro da agricultura e a soberania nacional: anais.** Goiânia: UFG: SBMP, 2015.

TRINDADE, R. S.; ARAÚJO, A. P. Variability of root traits in common bean genotypes at different levels of phosphorus supply and ontogenetic stages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 1170-1180, 2014.

**Embrapa**

---

**Milho e Sorgo**

CGPE - 14347



MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**

